

서명의 2차원 정보를 이용한 온라인 서명 평가에 관한 연구

황영철* · 차의영*

*부산대학교

Study on Online Signature Estimation using 2-D Information of Signature

Young-chul Hwang* · Eui-young Cha**

*Pusan National University

E-mail : smbrglove@hanmail.net

요 약

서명을 이용한 개인 인증은 시스템 구현이 용이하고 비용이 저렴하기 때문에 보안을 위한 개인 인증 시스템으로 은행거래, 신용카드 결제 등 여러 분야에서 널리 사용되고 있으며 그에 따라 온라인 서명 인증에 관한 연구도 활발히 진행되어 왔다. 그러나 온라인 서명이 보안의 측면에서 안전한 서명인지 아닌지에 대한 연구는 미미한 상태이다. 본 논문에서는 서명의 여러 가지 정보들을 이용해 온라인 서명에 대한 평가 방법을 소개한다. 온라인 서명에서 스트로크 및 교차점의 수, 점의 밀도, 서명의 방향과 속도·가속도의 표준 편차, 서명의 길이, 서명을 둘러싸는 최소 사각형의 크기 등 2차원 정보의 차이에 따라 온라인 서명의 보안 등급이 어떻게 달라지는지 실험한다. 실험 결과를 통해 안전한 온라인 서명의 특징들을 제시한다.

ABSTRACT

Online signature verification system is widely used in banking account, credit card and so on, because system for online signature verification is easy to implementation and inexpensive. Therefore there are a lot of study on online signature verification. However there is little research about online signature is safe or not. This paper shows a way of online signature estimation using various information of signature. This paper make a experiment about relation security grade of online signature and 2-D information of online signature like the number of strokes and cross points, standard deviation of direction, velocity and acceleration, lengths of signature and convex hull etc. Finally, this paper presents several features of safe online signature.

키워드

Online signature verification(온라인 서명 인증), Online signature Estimation(온라인 서명 평가), Signature Security Grade(서명 보안 등급)

1. 서 론

보안을 위한 개인 인증 시스템 구현을 위해 홍채, 지문 등의 생체 특징을 자주 이용한다. 생체 특징을 이용한 보안 시스템은 비용적인 측면을 고려하면 부담이 크기 때문에 널리 사용되지 못하고 있다. 반면에 서명을 이용한 개인 인증 시스템은 구현이 용이하고 비용이 저렴하기 때문에

은행거래, 신용카드 등 여러 분야에 널리 사용되고 있고 서명인증과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 온라인 서명의 본인 여부를 판단하는 인증분야에 비해 서명 자체의 보안성과 관련된 온라인 서명평가에 대한 연구는 미미한 상태이며 온라인 서명 이용자가 서명을 사용하기 전에 자신의 서명이 보안상 안전한 서명인지 아닌지에 대한 평가가 있다면 개인 인증 시스템으

로 온라인 서명을 보다 널리 이용할 수 있을 것이다. 이에 따라 온라인 서명 평가와 관련된 연구가 필요하다.

온라인 서명 인증은 접근 방법에 따라 매개변수 특징을 이용하는 방법과 함수적인 특징을 이용하는 방법으로 분류할 수 있고[1][2] 온라인 서명 인증에 사용되는 서명의 특징은 전역 특징과 지역 특징으로 분류할 수 있다[3]. 전역 특징으로는 서명의 전체 길이, 서명을 포함하는 최소외각 사각형, 서명의 높이와 너비의 비율 그리고 수평·수직 방향의 투영 등이 있고, 지역 특징으로는 속도, 가속도, 필 압, x-y 좌표, 펜의 방향 그리고 위도 등이 있다. 본 논문에서는 전역 특징과 지역 특징을 사용하여 이들의 값이 달라짐에 따라 서명의 위조가능성을 구별하여 온라인 서명의 보안 등급을 산출하는 방법을 제시한다.

II. 온라인 서명 인증

온라인 서명 인증은 서명의 어떤 특징을 사용하느냐에 따라서 비교 알고리즘과 분류 알고리즘이 달라지며 성능도 달라진다. 일반적으로 서명의 속도, 가속도, 필 압, x-y 좌표, 펜의 방향 그리고 위도 등의 지역특징을 사용하는 것이 인증 성능이 뛰어나다[4]. 본 연구에서 서명의 x-y 좌표 값을 DTW를 이용하여 비교하는 방식을 사용한다[4]. 이 방법으로 구현한 시스템이 SVC2004에서 EER 2.8%로 1등을 했다.

먼저 타블렛과 전자펜으로 서명을 개인당 20개를 반복해서 획득한다. 서명의 x-y 좌표를 1초에 100번 입력 받아 시간과 좌표 값을 저장하고 전처리 과정으로 그림 1과 같이 중복된 점을 제거한다.

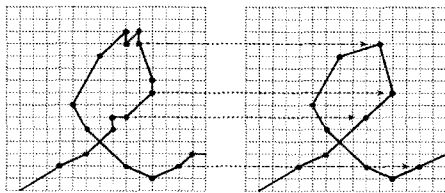


그림 1. 중복된 점(왼쪽)을 제거하는 예

$$D(t, t+1) = (P_x(t+1) - P_x(t))^2 + (P_y(t+1) - P_y(t))^2 \quad (1)$$

식 (1)에서 $P_x(t)$ 와 $P_y(t)$ 는 각각 시간 t 에서의 x-y 좌표이다. 식 (1)을 이용해 시간적으로 연속된 두 점의 x-y 좌표 간의 거리가 2미만이면 중복된 점으로 판단하고 서명 데이터에서 제거 후 reference set(R_{ID})을 만든다.

각각의 R_{ID} 에 대해 서명간의 거리를 DTW를 이용해 계산한다.

$$C[i, j] = \text{Min} \begin{cases} C[i-1, j] + \gamma \\ C[i, j-1] + \gamma \\ C[i-1, j-1] + \text{Dist}(S_1[i], S_2[j]) \end{cases} \quad (2)$$

C 는 2차원 배열이고 $S_i[j]$ 는 i -번째 서명의 j -번째 점이다.

$$\text{Dist}(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } \|x - y\| < \theta, \\ \|x - y\| - \theta & \text{otherwise.} \end{cases}$$

C 는 2차원 배열이고 DTW를 통해 두 서명 간의 거리를 계산할 수 있다. reference set 내의 서명간의 거리를 모두 계산 후 서명 간 최소거리($d_{\min}(R_{ID})$), 서명 간 최대거리($d_{\max}(R_{ID})$), 대표 서명과의 거리($d_{\text{template}}(R_{ID})$)를 구해 3차원 벡터를 구성한다. 3차원 공간에서 SVM과 PCA를 이용해 진서명과 위조서명을 구분한다.

III. 서명 평가를 위한 특징정보 추출

3.1 스트로크의 수(V_{str})

온라인 서명에서 스트로크는 서로 연결되지 않은 연속된 선의 개수이며 온라인 서명은 오프라인 서명과 달리 각 점들이 시간 정보를 가지므로 스트로크의 순서에 따라 같은 모양의 서명도 다른 서명이 될 수 있다. 스트로크의 개수(V_{str})는 서명 시각 후부터 마칠 때까지 전자펜이 타블렛에서 떨어진 횟수 + 1로 구해지며 서명 내의 스트로크의 개수에 따라 1에서 N사이의 정수로 나타낸다.

3.2 서명의 길이(V_{ken}), 교차점의 수(V_{cro})

서명의 길이는 서명에 포함되어 있는 점의 총수로 나타내며 V_{ken} 는 1보다 큰 정수가 되고 단순한 서명일수록 작은 수가 된다.

교차점의 수는 시간적으로 연속되지 않은 두 점의 x-y 좌표가 같은 경우이고 V_{cro} 는 서명 내에 있는 교차점의 총 수이며 0 또는 자연수가 된다.

3.3 점의 밀도(V_{den})

점의 밀도는 일정 영역 안에 포함된 점의 수이며 서명에서 점의 밀도는 서명의 복잡함과 연결되어 있다. 점의 밀도가 높은 서명은 복잡해보이며 밀도가 낮은 서명은 단순하고 간단해 보인다.

실험에서는 서명 영역을 가로·세로 각각을 5등분하여 25개의 영역으로 나누고 각 영역에서 밀도를 구하여 밀도가 높은 상위 세 개 영역의 평균 밀도를 V_{den} 로 한다.

3.4 방향의 평균 변화량(V_{dir})과 표준편차(V_{ddev})

서명에서 연속한 두 점이 이루는 각은 그림 2와 같다. 방향의 평균 변화량은 식 (3)을 이용해 구하고

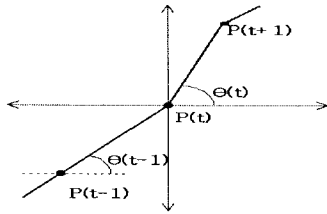


그림 2. 방향의 변화량

$$V_{dir} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\theta(t) - \theta(t-1)|, \quad (3)$$

$$\theta(t) = \tan^{-1} \frac{P_y(t+1) - P_y(t)}{P_x(t+1) - P_x(t)}$$

방향의 표준편차는 $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\theta(t) - V_{dir})^2}$ 이다. $\theta(t)$ 는 시간 $t+1$ 과 t 에서 두 점이 이루는 각이고 V_{dir} 와 V_{dev} 가 클수록 굴곡이 심한 서명이 된다.

3.5 속력의 표준편차(V_{dev})

속력의 표준편차는 식 (4)를 이용해 구하고 V_{dev} 는 필자의 서명 습관에 따라 달라지며 V_{dev} 가 클수록 서명 중 펜의 움직임 변화가 많음을 나타낸다.

$$V(t) = \sqrt{(P_y(t+1) - P_y(t))^2 + (P_x(t+1) - P_x(t))^2}, \quad (4)$$

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n V(t),$$

$$V_{dev} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (V(t) - \bar{V})^2}$$

3.6 가속도의 표준편차(V_{adev})

가속도의 표준편차는 식 (5)를 이용해 구하고 V_{adev} 는 V_{dev} 와 속성이 비슷하다.

$$A(t) = |V(t+1) - V(t)| \quad (5)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A(t)$$

$$V_{adev} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A(t) - \bar{A})^2}$$

IV. 실험 및 결과

4.1 실험 데이터

서명 인증 시스템의 성능을 평가하는 기준은 크게 두 가지가 있다[5]. 첫 번째는 본인 거부율(false rejection rate, FRR)이고, 두 번째는 타인 수락률(false acceptance rate, FAR)이다. 두 에러율은 임계값에 따라 반비례관계이기 때문에 두 가지 기준이 일치하는 ERR(equal error rate)을 평가 기준으로 한다. ERR이 낮을수록 인증률이 높고 보안성이 높아 서명이 위조될 가능성이 낮다. 인증에 참여한 인원은 17명이고 개인 별로 등록된 서명은 340개이고 그중 136개를 인증에 사용했다. 이 중 8개는 진서명이고 128개는 위조 서명이다.

4.2 실험 방법

17명의 서명별로 ERR과 서명 평가를 위한 특징 정보를 추출한다. 특징 정보가 ERR에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 다른 변수를 모두 고정하고 하나의 변수의 변화에 따라 ERR의 변화를 살펴봐야 하지만 일반적인 서명 데이터에서는 의도적으로 서명을 만들 수 없기 때문에 이와 같은 제약 사항을 두기가 어렵고 2가지 이상의 특징 정보가 조합되어 인증 결과에 영향을 주게 된다. 따라서 ERR 결과에 초점을 맞추어 전체 서명의 ERR과 하나의 특징 정보의 관계를 살펴봄으로써 특징 정보가 ERR에 미치는 영향을 추론한다. 끝으로 특징 정보별로 결과에 영향을 주는 정도를 정량화하고 총합을 구해 온라인 서명의 안전성을 평가한다.

4.3 실험 결과

서명에서 추출된 각각의 특징 정보와 서명의 ERR을 비교했다.

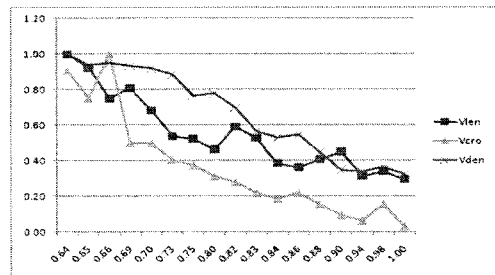


그림 3. ERR과 서명의 길이, 교차점의 수, 밀도와의 관계

그림 3은 ERR과 서명의 길이, 교차점의 수, 밀도와의 관계를 나타낸 그래프이다. ERR값을 가로축으로 하고 특징정보 값을 세로축으로 표현했다. 값의 범위가 서로 다른 데이터를 하나의 그래프에 함께 나타내기 위해 모든 값을 0과 1 사이로 정규화 시켰다.

둘 이상의 특징 정보과 결합되어 인증률에 영

향을 미치기 때문에 완전한 직선의 그래프가 나타나지는 않았지만 대체적으로 그림 3의 특징 정보와 인증률이 비례관계에 있음을 알 수 있다. 즉, 서명의 길이, 교차점의 수 그리고 밀도가 높은 서명일수록 보안성이 뛰어나다고 할 수 있다.

하지만 서명의 길이와 교차점의 수가 서명의 보안성에 직접적인 영향을 미친다고 보기는 어렵다. 서명의 길이와 밀도, 교차점의 수를 비교해보면 정비례관계에 있다. 그리고 밀도는 큰 굴곡 없이 직선에 가까운 형태이지만 교차점의 수와 서명의 길이는 변화가 많다. 따라서 서명의 인증률에 직접적인 영향을 미치는 것은 서명의 밀도라고 판단된다.

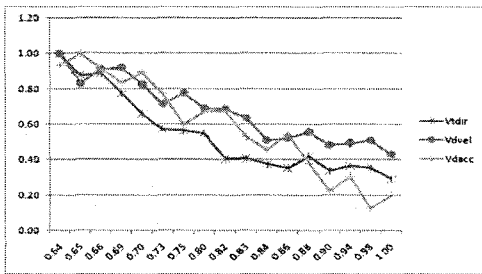


그림 4. ERR과 방향의 총변화량, 속력의 표준편차, 가속도의 표준편차와의 관계

그림 4는 인증률과 방향의 총변화량, 속력의 표준편차, 가속도의 표준편차와의 관계를 나타낸 그래프이다. 속력의 표준편차와 가속도의 표준편차가 클수록 ERR이 낮음을 알 수 있다. 즉, 서명을 하는 동안 펜의 움직임 변화가 크고 다양할수록 보안성이 높은 서명이 된다. 또한 곡선이 많고 각의 변화가 많은 서명이 좋은 서명이 된다.

그림 5는 스트로크의 수, 방향의 평균 변화량, 방향의 표준편차와 ERR와의 관계를 보여준다. 인증률이 방향의 총변화량과는 비례하지만 방향의 평균 변화량(V_{dir}), 표준편차(V_{dev})와는 무관함을 알 수 있다. 방향의 평균 변화량과 표준편차는 서명의 길이에 반비례하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 스트로크의 수와도 무관하게 나타났다.

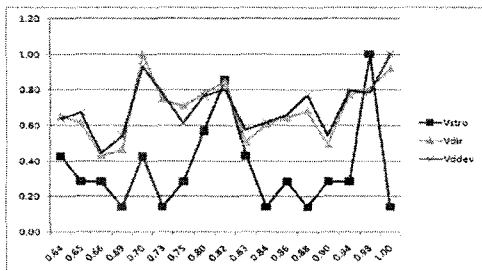


그림 5. ERR과 스트로크의 수, 방향의 평균 변화량, 표준편차와의 관계

또한 각각의 특징 정보들이 인증률에 미치는

영향을 정량화하기 위해 그래프의 기울기 값을 이용한다. 표 1은 특징 정보별 기울기를 나타낸다. 기울기 값은 0과 1사이로 정규화한 값이다. 가속도의 표준편차, 방향의 총변화량, 밀도, 속도의 표준편차 순으로 인증률에 영향을 미칠 수 있다.

표 1. 특징 정보별 기울기

특징정보	기울기
가속도의 표준편차	0.81
방향의 총변화량	0.72
밀도	0.68
속도의 표준편차	0.59

V. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 온라인 서명의 2차원 정보를 이용해 서명의 평가에 관한 실험을 하였다. 가속도의 표준편차, 방향의 총변화량, 속도의 표준편차가 크고 밀도가 높을수록 보안성이 높은 서명이 됨을 알 수 있다. 또한 특징 정보에 따라 인증률에 미치는 영향이 다름도 살펴보았다.

현재 공인된 서명 데이터베이스에 대한 연구가 부족하기 때문에 많은 수의 서명을 이용한 실험을 하지 못했다. 공인된 서명 데이터베이스가 구축된다면 더 정확한 서명 평가를 할 수 있을 것이다. 또한 온라인 서명을 획득하는 장치가 발전함에 따라 3차원 특징 정보를 이용한 서명 평가에 관한 연구도 필요하다.

참고문헌

- [1] H. Feng and C.C. wah, "Online signature verification using a new extreme points warping technique," Pattern Recognition Letters, Vol.24, pp.2943-2951, 2003.
- [2] F. Leclerc and R. Plamondon, "Automatic signature verification: the state of the art-1989-1993," Int. J. Pattern Recognition Artif. Intel., Vol.3, pp.643-660, 1994.
- [3] A. Jain, F. Griess and S. Connell, "On-line signature verification," Pattern Recognition, Vol.35, pp.2963-2972, 2002.
- [4] A. Kholmatov, B. Yanikoglu "Identity authentication using improved online signature verification method," Pattern Recognition, Vol.26, pp.2400-2408, 2005.
- [5] 손기형, 박재현, 차의영, "번극점과 필자고유특징을 이용한 온라인 서명 인증", 멀티미디어 학회 논문지, Vol.10, pp.1220-1228, 2007.